

Válasz Barsi Árpád professzor úr bírálatára

Megköszönöm, hogy tisztelt Bírálóm elmélyülten megismerkedett munkámmal, és megköszönöm észrevételeit, kritikai megjegyzéseit és kérdéseit is.

Tisztelt Bírálómmal a leglényegesebb vitapontunk e kérdésében jelenik meg: *„miért nem elegendő a mai ismereteink birtokában geometriailag optimális megoldást találni a georeferálásra?”*. Értelmezésem szerint tisztelt Bírálóm ezt a lényegi kérdést tesz fel bírálata bevezető részében ugyanúgy, mint amikor a második tézisemet amiatt nem fogadja el, hogy *„a jelenlegi állapotában elérhető archív térkép a jelenkor térképezési módszereihez meghatározható pontossággal illeszthető”*. Miért van szükség a sok kiegészítő eszmefuttatásra, irodalmi, eszmetörténeti kutakodásra? Ha elegendő számú illesztőpontot találunk, amelyeket egyértelműen azonosítani tudunk mind a régi, mind a mai térképen, akkor a két térkép illesztésének nincs elvi akadály.

Ez elméletben – de csak elméletben – igaz is lehet. Egyetlen szkennelt térképpel én is ezt tenném. A gyakorlati problémák akkor kezdenek jelentkezni, ha (1) a térkép viszonylag nagy kiterjedésű területet ábrázol, emiatt az alkalmazott vetület fontos (2) ha nagy méretarányú, és különösen (3) ha az előbbiekből következően több, esetleg igen sok szelvényből áll. Ez egyrészt megsokszorozza az illesztőpontok számát. Felmerül az a lehetőség, hogy van-e minden szelvényen elég, és egyenletes eloszlásban található, jól felismerhető illesztőpont? Matematikai trükköket (Molnár, 2010) kell alkalmaznunk ahhoz, hogy az egyes szelvények szükségszerű illesztési hibái ne vezessenek grafikailag csúnya eredményekre a szelvényhatárokon.

Az általam javasolt módszer – amely minden irodalmi kutatással együtt sem alkalmazható az összes régi térképműre – e problémákra egyszerre ad hatékony választ. Ha ismerjük a térkép vetületét, a nagy terepi kiterjedés sem okoz a hibás vetületválasztásból adódó belső torzulást. Ha minden szelvényről elegendő a négy sarokpontot illesztőpontnak választani, az a térképi tartalomtól függetlenül gyors munkára ad lehetőséget, és lineáris illesztést használva (négy ponttal mást nem is lehetne) garantálja a térképlapok csatlakozását szelvényhatárokon. A négy sarokpontnak ismernünk kell ehhez a koordinátáit is egy olyan koordinátarendszerben, amely az alkalmazott térinformatikai rendszerben egy mai rendszerrel (praktikusan a WGS84-gyel) össze van kapcsolva. Ha ez a kapcsolat megvan, akkor a sarokpontokkal nagyjából olyan pontosan lehet georeferálni, amennyire a régi térképen alkalmazott kerethálózat pontos, amilyen pontosan készült maga a térkép és amennyire sérült az, amióta elkészült.

Ehhez a kapcsolathoz viszont szükségünk van a térkép vetületére, annak paramétereire és az alapfelületére (geodéziai dátumára). Ehhez tudnunk kell, *hogyan* csinálták. Dolgozatom ehhez képest egyetlen, a georeferálás szempontjából talán felesleges, de a geofizikus szerző számára érdekes többletet ad: *miért* úgy csináltak. A dolgozat címének megválasztásával jelzem, hogy ez utóbbit (is) kívánom reflektorfénybe állítani. Abban pedig biztos vagyok, hogy a MAPIRE holnap és szolgáltatás – amely ma már az első világháborúig Európáról elkészült topográfiai térképművek többségét tartalmazza – nem jöhetett volna létre ilyen kevés erőforrással és ennyi idő alatt, ha nincsenek meg a „szelvényenként négy sarokponti illesztőpont” módszeréhez a metaadatok.

Természetesen elismerem, hogy munkám szerkezete szokatlan. A felvetést, hogy a „A Föld alakjának változása az egyes korok tudományos ismeretei szerint” c. fejezet a teljes dolgozat terjedelmének több mint felét teszi ki, miközben a módszer gyakorlati alkalmazását, a környezettörténeti esettanulmányokat bemutató fejezet ennek kb. a nyolcada, a tézisek felsorolása pedig mindössze két oldal, értem – de vitatom, hogy ez a saját eredmények bemutatása rovására menne. A dolgozat címével a leghosszabb fejezet tartalma összhangban áll, és pont a tisztelt Bírálóm által joggal említett szokatlan szerkezetből következik, hogy saját konkrét eredményeimet e fejezetbe illesztve mutatom be, ha ennek van jelentősége, és ha jól számolom, e fejezeten belül 24 oldal terjedelemben. A dolgozat szerkezetének kialakításakor kifejezett célom volt, hogy annak nagy része a szélesebb földtudományos közönség – sőt az érdeklődő nagyközönség – számára is érthető és lehetőség szerint érdekes legyen.

Tisztelt Bírálóm pontokba szedett megjegyzéseire és kérdéseire a következőkben szintén e struktúrát követve válaszolok:

Valójában nem a „polinomiális”, hanem az „elsőfokú polinomiális” összefüggések paramétereit keresem ($E=a_1x+a_2y+a_3$; $N=b_1x+b_2y+b_3$ alakban, ahol E és N a vetületi, x és y a képi koordináták; a_1, a_2, a_3 és b_1, b_2, b_3 a hat paraméter – ha a pixelek négyzet alakúak és egyszerű elforgatást alkalmazunk akkor ezek információtartalma 4 paraméterbe „sűrithető”). Amennyiben a vetületválasztás helyes, csak eltolási, skálázási és elforgatási transzformációk léphetnek fel a képi és a vetületi koordinátarendszerek között, így bonyolultabb összefüggésre nincs szükség. Az így definiált függvénykapcsolat-pár minden szkennelt szelvényre más, vagy ha a szelvényeket előzetesen (virtuális vagy valódi) mozaikba kapcsoltuk, akkor a teljes mozaikra alkalmazhatunk egy ilyen függvényt. Amikor pedig a „szelvényenként négy sarokponti illesztőpont” módszert alkalmazom, magasabb fokszámú polinomot vagy összetettebb függvényt nem is választhatnék, mert nem lenne elegendő független bemeneti adat azok – nagyobb számú – paramétereinek megbecsléséhez.

Ez rögtön átvezet a következő, a alkalmazott algoritmus-készlet korlátosságát érintő megjegyzésre. Tisztelt Bírálómnak teljesen igaza van abban, hogy a mai nyílt forráskódú rendszerekben bárki előtt adott a lehetőség arra, hogy – a térinformatika egyszerű alkalmazói számára speciális tudást igénylő módon – maga is alkosson ilyen modulokat. Ezen lehetőség széles körű alkalmazásának a technológiai ismeret hiánya, illetve az erre alkalmas szoftverek ismerete szab gyakorlati határt. Elméleti síkon viszont természetesen igazat adok tisztelt Bírálómnak.

A korabeli geodéziai dátumok használatát illetően: alkalmazásuknak akkor van jelentősége, ha a régi térkép méretaránya mellett a helytelen dátumválasztás okozta hiba észrevehető. Ha ezt a hibát a korai ellipszoidi dátumokra jellemző kb. kilométeres értéknek becsüljük, úgy megállapíthatjuk, hogy a Lázár-térképen kívül az összes többi esetben ez a hiba észrevehető lenne. E hiba nagy része valóban kezelhető lineáris eltolással, ami a vetületi paraméterek közül a kezdőpont képfelületi koordinátaiban egyszerűen megjeleníthető – de ha nem jelent túl nagy fáradságot a korabeli dátum használata, az mégis az elvileg helyes megoldás. *A válaszom első, a fő kérdést taglaló részét így itt azzal finomítom, hogy a metaadatok közül a dátum ismerete kevésbé fontos a vetület ismeretéhez képest.* A MAPIRE szolgáltatásban is van olyan térkép, amelyet WGS84 dátummal és kezdőponti korrekciós eltolással georeferáltunk, és természetesen a Lázár-térkép is modern dátummal georeferált.

Emiatt a Lázár-térkép esetén nincs is dátum-definíció, és így geoidunduláció-alkalmazás sem: a kérdéses képletekben a geoid-adat egyedül az áthidaló Mologyenszkij-transzformáció három paraméterének megbecslésében bukkan fel, és hatása gyakorlatilag csak magassági értelemben jelentkezik. Horizontális értelemben valóban elég kis hibával működne e nélkül is a rendszer, de ha valaki már paraméterezett modern dátumokat kereskedelmi szoftverek számára – vagy vizsgázott a témában a BME Általános és Felsőgeodézia Tanszékén – „rááll a keze” arra, hogy lehetőség szerint a három dimenzióban helyes paramétereket alkalmazza.

A Burša-Wolf-paraméterek számítása természetesen izgalmas feladat lenne, de már rég megoldott szabványos, a hét paramétert együtt becsülő eljárással (Ádám, 1982). A paraméterek különválasztott becslésének más gyakorlati haszna van: ebben az esetben azok külön is alkalmazhatók (pl. az áthidaló Mologyenszkij-transzformáció három eltolási paramétereként, a rendszerek közti azimut-különbségként és skálahibaként).

Vitatom, hogy a nehézségi erőter vizsgálata Alexis Clairaut-val kezdődne. Valójában Galilei megkezdte a számszerűsíthető méréseket, és a Huygens-féle ingaóra – amint erre a Richer-féle mérés példát mutat – már a numerikus vizsgálat pontosságán is érdemben javít. De mindegy is, hogy Galilei, Richer vagy Clairaut az „első”, a vizsgált térképek – Lázár deák térképét leszámítva – mind az ezt követő időszakban keletkeztek. Lázár térképe esetében pedig alapfelületi számításokat nem végeztem, a kis méretarány és a kerethálózat nagy maradék hibái miatt ennek nem is lett volna sok értelme.

Az I. katonai felmérést valóban csak megemlítem az 50-51. oldalakon és nem azt mutatom be a módszer illusztrációjaként. Ennek nagyon egyszerű oka van: a(z egyelőre csak nagyon hiányosan ismert) kerethálózat pontatlanságai miatt az egyszerű módszerem nem alkalmazható elfogadható pontossággal az I. felmérésre! A tisztelt Bírálóm által véleménye legelején említett „geometriailag optimális megoldás”-t kellett alkalmazni a szelvényekből virtuális mozaikkép készítésével, azon a legjobban illeszkedő Cassini-vetület paramétereinek megbecslésével – és végül a dátum definíciójában a GSB (*Standard Binary Grid Shift*) más néven NTV2 (*National Transformation version 2*)-eljárás alkalmazásával.

A GGM+ adatrendszer alkalmazására ott nyílik lehetőség, ahol (1) tudjuk, hogy a kerethálózat kialakítása csillagászati méréseken alapszik (2) nem történt kiegyenlítés, vagy azt egyes blokkokban megkezdtek, de ezek összeillesztése nem történt meg (3) amikor a felmérésben, és az ábrázolásban nincsenek olyan hibák, amelyek ezt feleslegessé illetve értelmetlenné teszik, és (4) ha a térkép méretaránya elég nagy ahhoz, hogy ennek egyáltalán legyen értelme. Ez a négy pont igencsak minimalizálja az erre alkalmas térképek számát; általában 1850-1920 közötti, jó technikával, de sebtében elvégzett felmérések (Habsburg megszállási térképek; a III. katonai felmérés; az Egyesült Államok korai topográfiai térképei) tartoznak ide. Tisztelt Bírálóm megjegyzését az antropogén hatások mérhetőségéről és emiatt annak hibaforrásként megjelenéséről teljes mértékben osztom és elfogadom; különösen a mély víztárolók (pl. Norvégia) és a felszín alatti, ismeretlen vulkáni mozgások (pl. Dél-Olaszország) esetében.

A többi, itt tételesen nem említett pontban (első numerikus excentricitás, egyenletekben alkalmazott jelölések, mértékegységek, „kézi” iteráció, 1767-es Greenwich-i helyi idő, „*oblatus contra oblongum*”, *Deutsche Heeresgitter* és a kapcsolódó önhivatkozás, illusztrációk) tisztelt Bírálóm megjegyzéseit megköszönöm és elfogadom.

Tisztelt Bírálóm az első tézis bírálatában egy nagyon kurrens témát említ: a georeferált állományok pontosságának kérdését. A dolgozatban említett pontosságok meglehetősen empirikusak és két módon készültek. Egyrészt – amennyiben a korabeli térkép kerethálózati pontjainak korabeli és mai koordinátái is ismertek, akkor megadható pl. az említett Ádám (1982)-féle paraméterbecslés hibája úgy, hogy az eredményként kapott paramétereket a transzformációs egyenletekbe visszahelyettesítve látjuk, milyen pontossággal képesek azok rekonstruálni a koordinátákat. A kerethálózat pontosságának így megbecsült hibája azonban a teljes illesztési hibának csak egy – általában kisebb – része. Ez utóbbit a feldolgozott térképnek a mai síkrajzra illesztésével tudjuk helyről helyre változóan megbecsülni. Ennek szabványosítása folyamatban van, én egyetlen, a müncheni Bundeswehr Egyetemen készült doktori disszertációt találtam a témában (Beineke, 2001), amely azonban még a régi térképek internetes szolgáltatásának elterjedése előtt készült. Nem sokkal később megjelent a *MapAnalyst* szoftver (Jenny és Hurni, 2011), amellyel pl. a Lázár-féle térkép belső torzulásai szépen megmutathatók. Bármilyen meglévő megoldást válasszunk vagy dolgozzunk ki újat a jövőben, az a feldolgozást követően, az illesztett térképről felismert pontok és mai helyük közötti eltérésvektorok interpolációján és annak síkbeli megjelenítésén alapul vagy fog alapulni.

Tisztelt Bírálóm téziseim közül az elsőt egy – Szarka László akadémikus úréhoz nagyon hasonló – megjegyzéssel, ill. módosítással fogadja el, amelyet megköszönök. A második tézist – a georeferálásnak a korábbi felmérések metaadatai nélkül is elvégezhető jellege miatt – nem fogadja el. Itt a bírálatra adott válaszom elejére utalok vissza: bár kétségtelenül elvégezhető e nélkül is a georeferálás, a módszer, a korabeli felmérések ismerete és a számított metaadatok azt gyorsabbá és hatékonyabbá teszik. E ponton tehát vitának van helye a nyilvános védésen. Az említett mérőszámok valóban nem tekinthetők „megdönthetetlen rekordoknak” – NTV2-technológiával akár a pixelméret által korlátozott pontosságig lehet fokozni az illeszkedés jóságát – a kérdés csak az, hogy mekkora munka befektetésével érhető el ez? A harmadik és negyedik tézisek elfogadását az említett kikötésekkel megköszönöm, a kikötésekben található pontosításokat köszönettel elfogadom.

Végül ismételten megköszönöm tisztelt Bírálóm munkáját kritikai megjegyzéseit, és külön köszönöm, hogy dolgozatom nyilvános vitáját javasolja.

Budapest, 2019. január 29.

/ Timár Gábor /

A dolgozatban nem szereplő, de itt említett, illetve a tisztelt Bírálóm által talált hiányzó hivatkozást itt adom meg:

- Beineke, D. (2001): Verfahren zur Genauigkeitsanalyse für Altkarten. Schriftenreihe – Studiengang Geodäsie und Geoinformation, Universität der Bundeswehr, München, 155 p.
- Jenny, B., Hurni, L. (2011) Studying cartographic heritage: Analysis and visualization of geometric distortions. Computers & Graphics 35(2): 402–411.
- Molnár, G. (2010): Making a georeferenced mosaic of historical map series using constrained polynomial fit. Acta Geodaetica et Geophysica 45(1): 24-30.
- Molnár G., Timár G., Székely B. (2008): Lázár térképének georeferálásáról. Geodézia és Kartográfia 60(4): 26-30.